

Sensores para evaluar la calidad de frutas y hortalizas

Margarita Ruiz-Altisent

LPF-TAGRALIA, UPM, CEI-Campus Moncloa

Resumen

En la presente contribución se hace una revisión somera de los principales sensores, tanto de las tecnologías subyacentes como de los equipos utilizables, que sirven para evaluar la calidad de frutas y hortalizas de forma no-invasiva. Se distingue entre tecnologías asentadas, viables técnicamente, o con viabilidad comercial, y a continuación se introduce brevemente nuevas técnicas en desarrollo que pueden ser viables para un plazo previsible. Se describe, desde una aproximación general de aplicabilidad, los principios de los distintos sensores, y se analiza sus capacidades más apropiadas para distintos casos.

El material presentado se inicia en el artículo de revisión que como coautora fue publicado en *Computers and Electronics in Agriculture* en 2010. Dicha revisión cubre el desarrollo que en los 10 años anteriores se produce en las técnicas no-invasivas para la evaluación e inspección, incluyendo visión artificial, espectroscopía, rayos X, resonancia magnética, contacto mecánico, sensores químicos, redes de sensores inalámbricos y detectores de radiofrecuencia. Se da un énfasis especial a las tecnologías que se han significado por su introducción comercial, o por su potencial, y finalmente, se menciona otras técnicas recientemente descritas con la misma finalidad de evaluar la calidad de productos frescos, u otros productos y aplicaciones, también relativas a la salubridad de los mismos para el consumidor, representando necesidades futuras de investigación y desarrollo. Para ello se aportan algunas referencias bibliográficas más recientes. Se analiza brevemente la lenta introducción comercial de estas técnicas, y las posibles vías de mejora dado el gran esfuerzo investigador llevado a cabo.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del conocimiento y desarrollo de tecnologías capaces de evaluar físicamente características externas y sobre todo internas de las frutas y hortalizas no es otro que mejorar la calidad y la competitividad del mercado a lo largo de toda la cadena productiva y comercial. Podemos incluir en esta aproximación, y según la USDA: frutas, hortalizas, frutos secos, hortícolas y plantas frescas, incluidas las flores: entre todos ellos existe una relación evidente en cuanto a la interacción de las mismas con las técnicas en las que se basan los sensores. Ellas comparten además los procesos que se les aplican en post-recolección, en diversas combinaciones, así como la dependencia de todas sus propiedades con la variable tiempo: tiempo de desarrollo, de proceso, de manejo y de transporte.

La bibliografía posee varios estudios de revisión en los que se recoge el estado del arte de las tecnologías y los sensores y equipos existentes a lo largo de los años anteriores, incluyendo firmeza, visión, espectroscopía (NIR, VIS), NMR, biosensores. Puede considerarse espectacular el desarrollo de todas ellas, basadas en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que se combinan con el conocimiento profundo de los productos vegetales. No siendo el objeto de la presente contribución, la mayoría de técnicas se aplican igualmente a productos de origen animal.

SENSORES Y TECNOLOGÍAS

Las tecnologías basadas en la **radiación electromagnética** presentan actualmente el mayor potencial, y realidades, y su éxito requiere la combinación de sensores eficaces con potentes modelos matemáticos, basados en una actualmente muy activa investigación sobre técnicas de análisis y su introducción en procedimientos informáticos operativos. La visión artificial supone el área de mayores avances, actuales y potenciales en los equipos de evaluación de la calidad de frutas y hortalizas en línea.

La interacción entre la radiación y la materia a evaluar (tejido vegetal en nuestro caso), independientemente del rango que se utilice (UV, VIS o NIR) posee básicamente tres diferentes modos de aplicación según la presentación: interactancia = la radiación se lleva al producto en una determinada zona puntual por medio de fibras ópticas, en contacto, o sin contacto (= reflectancia) con recogida de la respuesta en la misma zona o adyacentes; transmitancia = la radiación que atraviesa el producto se recoge tras su paso por toda o la mayor parte del volumen del producto, lo que ya supone obtener información promediada sobre el conjunto del mismo por medio de un detector, o varios; la mayoría de equipos en línea NIR utilizan este modo.

En productos en los que no se puede distinguir visualmente la madurez por los pigmentos externos (color, ejemplo el aguacate, o el kiwi) la espectrometría / visión artificial sí lo hace: nuestra visión es mucho más pobre que la de las máquinas en este caso.

Otro modo de presentación y de adquisición radicalmente distinto (aunque no en la apreciación de las propiedades del producto) es la **visión** = registro de la respuesta de todo el producto, pixel por pixel = voxel por voxel. De cada una de estas unidades se obtiene: ya sea un solo valor de energía de respuesta (imagen B/N, escala de grises); o varios valores (imagen multispectral, por ejemplo tres valores en tres longitudes de onda diferentes) o gran número de valores, correspondientes al espectro completo en la región considerada, VIS y/o NIR = imagen hiperespectral. La visión artificial presenta el mayor interés en la medida no invasiva de la calidad de frutas y hortalizas.

La radiación en el visible, VIS (aprox. 400 – 780 nm=nanometros) provee información sobre las propiedades que en la apreciación sensorial definimos como “color”, lo que significa contenido en pigmentos, los cuales se consideran indicativos de madurez; usándolo como espectrometría, puede determinarse la huella (o espectro característico) en el visible, que caracteriza madurez, pre – y pos recolección, sobremadurez y condiciones fisiológicas en muchos productos.

La radiación en el **rango NIR** (infrarrojo cercano, aprox. 800 – 1100 nm para los detectores más asequibles; NIR menos cercano 1000-2500 nm) se utiliza ampliamente en la detección de componentes, típicamente azúcares, sólidos totales y ácidos. Existe una inmensa bibliografía sobre las aplicaciones de los sensores NIR para la calidad de frutas y hortalizas. En este ámbito se comercializan desde hace más de 15 años diversos equipos para la determinación en línea de calidad interna de frutas y hortalizas. La venta de equipos sigue siendo muy escasa, y las empresas que los ofertan cada vez más contraídas. Las capacidades del NIR en línea son claramente suficientes para muchas de las aplicaciones requeridas, las cuales son tan específicas que son la causa de incertidumbre: funcionan únicamente para sólidos / azúcares que solo son relevantes en casos contados (en la industria), p.ej. melones.

La espectroscopía en el **infrarrojo medio, MIR**, desde 2500 a 4000 nm) es un rango más específico para la detección de moléculas, pero está lejos de poder ser introducida en equipos de calibración. En tomates, Scibisz et al. (2012) evalúan

materia seca, SS, acidez total ácido cítrico con resultados medianos, que no parecen mejores que los obtenidos con IR.

Es interesante conocer que se comercializan equipos manuales, sobre todo de pequeño tamaño “hand-held” que pueden combinar longitudes de onda de ambos rangos VIS y del NIR que utilizan simultáneamente en índices de calidad. (Perez-Marin et al. 2010, DA-Meter). La sencillez y adaptabilidad de dichos equipos los hace idóneos para aplicaciones en campo.

Visión artificial para calidad externa

Frecuentemente, la región VIS se combina con regiones más o menos extensas del IR con el objetivo de mejorar las operaciones de segmentación, (es decir, identificación de objetos en la imagen) y/o información sobre componentes como agua o solutos (azúcares). Obon et al. 2011 estudiando zumos de frutos rojos combinan métodos HPLC con espectrometría UV-VIS y fluorescencia detectando cambios en antocianinas, betacianinas, siete pigmentos, ácidos diversos, polifenoles y catequinas. Diferencias en imágenes en el VIS pueden ayudar en los procesos de identificación de partes desechables, como los pedúnculos de cerezas y fresas.

Los defectos externos suponen la mayor realidad de aplicación de la visión artificial: llamamos externos a los que identificamos sensorialmente, pero en realidad en función de una mayor penetración de la radiación en el producto, estas técnicas pueden llegar a evaluar calidad interna (por ejemplo, pigmentos en la zona externa de la pulpa en melocotón). Podemos encontrar literatura muy reciente al respecto de detección de defectos, por ejemplo en cítricos (López et al 2011).

La imagen es un medio idóneo para la determinación del tamaño, y la forma de productos, y su calibración. Los equipos actuales ofrecidos en el mercado utilizan calibradores de imagen de manera generalizada, no así calibradores de forma.

Visión artificial para calidad interna

Las tecnologías de visión capaces de determinar calidad interna son muy (Moreda et al. 2010), prometedoras, para atributos sensoriales (textura y sabor), valor nutritivo, componentes químicos, defectos internos o fisiopatías. Una reciente revisión (Lorente et al. 2012) presenta las capacidades de la visión hiperespectral en la evaluación de la calidad de frutas, hortalizas y muchos otros productos, alimentarios o no. Se discute en detalle los sistemas de análisis utilizados para la reducción de la dimensionalidad de los datos así como las vías para desarrollar índice óptimos y protocolos que respondan a las necesidades de la industria, en procesos a alta velocidad (Lleó et al., 2011) que utilizan visión artificial industrial: captura de imágenes, procesamiento, identificación y clasificación.

La transmisión de la radiación óptica combina siempre dos fenómenos principales: absorción (que es lo que en principio se determina en los espectros) y scattering = dispersión espacial. Los métodos de scattering hiperespectral; imagen hiperespectral dispersiva (Lu y Peng 2007, Valero et al. cit. en Ruiz-Altisent 2010), es así capaz de obtener información, a la vez, de componentes como azúcares, ácido, clorofila, pigmentos, y variaciones de estructura interna (firmeza, harinosidad) en manzanas en la región de 500 a 1000 nm) (Lu, 2012).

Estos sistemas presentan también capacidad potencial para la detección de factores de salubridad-safety: detección de productos extraños, animales o vegetales, incluso de microorganismos o residuos químicos.

Otro reciente artículo de revisión (Patel et al. 2012) sobre sistemas de visión artificial destaca su potencial, además de para la inspección de los productos

hortofrutícolas, la evaluación automatizada de otros alimentos como panadería, pizzas, quesos o pastas, etc. Tanto del producto como de los procesos industriales. Hay que tener en cuenta que el desarrollo de estos sistemas a nivel industrial depende grandemente del mercado potencial de equipos: cuanto mayor sea éste, mayor será el interés de la industria por su desarrollo y fabricación. Este es el punto más importante en la difusión y aplicabilidad de las técnicas que aquí presentamos. Desde este punto de vista, la visión hiper y multiespectral posee esa capacidad de amplio mercado por su versatilidad.

La **espectroscopía de fluorescencia** presenta interés, y se encuentra en una fase avanzada de su desarrollo: es también una técnica espectroscópica en la que se captura espectros de emisión del objeto (normalmente en el área visible) tras su excitación con radiación normalmente ultravioleta (aunque no solo). Estos espectros de emisión son muy específicos de diferentes componentes químicos, así como, a la vez, a la longitud de onda de la radiación de excitación: existe una especificidad grande entre la radiación (frecuencia = nm) y las especies químicas que emiten en respuesta. Por ello, es frecuente, y conveniente, que la excitación se produzca por medio de láseres (cada láser emite en una sola frecuencia). Durante muchos años se ha utilizado (la fluorescencia inducida por láser para estudios en plantas, para medir niveles de estrés y otros estados fisiológicos; en las plantas se ha distinguido entre fluorescencia azul-verde (emisión alrededor de 400-600nm y la de la clorofila (650-800)). En realidad los espectros de emisión de fluorescencia son complejos, y presentan un gran potencial con la aplicación de los procedimientos multi e hiperespectrales descritos. Aplicaciones como la descrita por (Lou et al. 2012) muestran la capacidad de la técnica: cambios en flavonoides totales, fenoles totales, radicales libres, y azúcares en frutos, como la mora) que se combinan con información espectral en el VIS. Karoui et al. (2009) presenta en una revisión muy reciente aplicaciones en productos vegetales (aceites, cereales, azúcares, frutas y hortalizas) y animales (lácteos, carnes, pescado y huevos) así como la identificación de bacterias de interés agroalimentario. Bramley et al. (2011) presentan un sensor, basado en fluorescencia, para la medida, en movimiento montado en máquinas de agricultura de precisión, de las antocianinas en uvas para vinificación, el Multiplex (R), con buenos resultados.

Los **Rayos X** son una técnica que se emplea desde épocas mucho más lejanas en el tiempo, en aplicaciones médicas. Y actualmente, en la mayoría de industrias alimentarias, para la detección de cuerpos extraños en productos en proceso, y envasados. Cubren el rango 0,01 a 10 nm, es decir POR debajo (por encima, en términos de frecuencias) de los rayos UV. Por ello, traspasan la mayoría de productos biológicos, y presentan en principio capacidad para detectar diferencias en madurez y sobre todo defectos internos. Hay varias tecnologías de Rayos X, por tanto con aplicaciones potenciales diferentes: diferenciación de materiales metálicos, o no-vegetales en general; la diferenciación de tejidos ha resultado más problemática. La industria posee actualmente equipos comerciales a costes asequibles que requieren una adaptación a problemas concretos que no se ha completado. El problema de la posible peligrosidad está resuelto como todos sabemos por la presencia de estos equipos en instalaciones aeroportuarias. Se consigue detectar diferencias en contenidos en agua, con lo cual se describe la aplicabilidad de los Rayos X para fisiopatías (tipo pardeamiento interno en manzanas, vitescencia en piña, daños por congelación en cítricos, restos de hueso en melocotón, cerezas, o presencia de insectos).

La **resonancia magnética nuclear (NMR)** se considera la técnica más poderosa para la detección, tanto espacialmente en imagen (MRI, de intensidad o de relaxometría) como en espectrometría) de características estructurales y químicas atómicas (H^+) y

moleculares internas de productos vegetales. Por ello, puede obtenerse información tanto de componentes como de la estructura y microestructura. Un espectro de NMR representa la intensidad frente a la frecuencia de emisión, esta es característica de los átomos de (en principio) hidrógeno (H, y del ambiente molecular en el que se encuentra la molécula. De agua, grasa, y otros componentes. La codificación de los datos permite obtener imágenes bi-y tri-dimensionales. Para aplicaciones en línea, frecuentemente se determina secciones del producto, de anchura típica de un cm. El tratamiento de las imágenes se realiza por medios convencionales, y el de los espectros igualmente: una de las ventajas en la utilización de estas técnicas. El mayor problema: el tiempo que está tardando la realización de equipos industriales para la industria agro-alimentaria; problema relacionado con la necesidad del elemento principal, que es el imán, que hasta el momento no se ha conseguido desarrollar en las condiciones (núcleo grande = 25-30 cm a la vez que una alta homogeneidad de campo) adaptables a la inspección de, sobre todo, frutas). En el área de la investigación, las referencias son numerosísimas, ya que existe un gran número de equipos, de alta resolución y capacidad para aplicaciones médicas; el coste de estos equipos y sus necesidades técnicas siguen siendo prohibitivos. Aplicaciones que se pueden estudiarse en la amplia bibliografía existente (Hernández-Sánchez et al., 2009): Aplicaciones en aguacate, tomate, kiwi, plátano, chirimoya, manzana, pera fresa, melocotón, cebolla, guava, patata, naranjas, pepino, bebidas, mango, zumos, control de procesos: deshidratación, alta presión, etc etc, para determinar defectos, fisiopatías, componentes, madurez,. El conocimiento es actualmente muy amplio, y se ha demostrado los procedimientos para obtener medidas en movimiento.

Sensores y equipos comerciales

Es necesario distinguir entre sensores en forma de equipos comerciales manuales y portátiles (UNITEC, MINOLTA, FLIR, DA-Meter..., entre otros), en calibradoras (AWETA, COMPAG, FOMESA, GREEFA, MAF-RODA, MULTISCAN TECN., SAMO, UNITEC..., entre otros) y en máquinas agrícolas de agricultura de precisión. La oferta no es, teniendo en cuenta todos estos dispositivos, corta, es dispersa y poco estructurada y para resolver un determinado problema ha de hacerse un estudio exhaustivo y recabar información a los fabricantes.

Puede encontrarse en la red una gran información, parte de la cual se ha incluido a lo largo de los párrafos precedentes, únicamente con el fin de poder iniciar al lector en el estudio de los equipos. Puede ayudar la información contenida en la feria anual de referencia, MACFRUT, en Cesena, Italia; así como en FRUIT LOGISTICA en Alemania; FRUIT ATTRACTION en España, Madrid, y en medios como infoagro.com. o freshplaza.es, entre otros.

Otras técnicas avanzadas en estudio

Imagen térmica: Con cámaras termográficas puede obtenerse imágenes de la emisión térmica de objetos (2500 – 5000 nm). Los actuales equipos, ofrecidos en el mercado, son variados, portátiles y de coste asequible, por sus amplias aplicaciones en seres vivos, edificios, en diagnóstico de máquinas, etc. Por ejemplo (Baranovski et al. 2012) utilizan imágenes desde el VIS hasta la región de emisión térmica (400-5000 nm) de la superficie de frutos consiguiendo detectar magulladuras tempranas de diversa profundidad. Se obtiene igualmente imágenes tratables con paquetes convencionales. La denominada “**Biospeckel activity**” es un método nuevo no invasivo poco conocido, que refleja el movimiento de partículas a nivel celular; puede ser afectado por la actividad de la clorofila., y por lo tanto por la absorción fotónica. **Medidas mecánicas** que

requieren el contacto sensor-fruto, incluyen respuesta a impactos, tanto respuesta mecánica, por medio de sensores tipo cuarzo acelerómetros y respuesta acústica. Se han combinado estas medidas en algún equipo comercializado, tanto de mesa como en línea, y los resultados para evaluar la firmeza en manzanas y peras son buenos (AWETA, SINCLAIR, Slaughter et al 2009 con un medidor manual).

CONCLUSIONES

Se detecta una gran lentitud en la adopción de los sensores por parte de la industria, como consecuencia de la muy baja introducción de equipos por parte de productores y centrales de exportación. Las causas de ello han sido analizadas, en Europa y los Estados Unidos, y se basan en cuestiones por un lado sociales, económicas y de los mercados (que están en unos niveles de márgenes muy bajos, lo que impide realizar inversiones significativas); por otro, en la incertidumbre, todavía, sobre las capacidades de los equipos dotados de sensores de calidad; técnicamente factibles, los equipos ofertados por los fabricantes son de encargo, se ofertan a altos precios y deben ir integrados necesariamente en líneas de calibración de fruta de fabricación propia.

Así como la determinación en línea de pigmentos, del color actualmente, (radiación VIS) se comprende bien, y se ha introducido en equipos RGB, por ejemplo en melocotón y nectarina que simplemente sustituyen a la visión humana, éstos no funcionan bien como medida real de la calidad de los productos y podrán ser muy mejorables con el uso de espectrometría y visión, sin grandes cambios en los necesarios equipos. Los sensores NIR requieren calibraciones, por otro lado necesarias en cualquier otra instrumentación, que no se entienden adecuadamente, y para las que no existe normas para su establecimiento (que no es tan importante) como para su evaluación hacia el comprador; de aquí la incertidumbre que se genera en éste.

Como avances en esta línea, se requiere: una mayor colaboración entre investigadores y empresas para desarrollar aplicaciones específicas en respuesta a las necesidades de productores; que las mejoras en ingresos y gastos, como consecuencia de la mejora de la calidad comercial de sus productos, se correspondan con los costes de inversión necesarios; y posiblemente una concentración de empresas fabricantes equipos y la realización de normas que posibiliten mercados más amplios, con mayores ventas.

Referencias

- Baranovski P., Mazurek, W., Wozniak, J ., Majewska, U., 2012. Detection of early bruises in apples using hyperspectral data and thermal imaging. JOURNAL OF FOOD ENGINEERING 110 (3) : 345-355.
- Bramley R.G.V., Le Moigne, M , Evain, S., Ouzman, J ., Florin, L ., Fadaili, EM., Hinze, CJ., Cerovic, ZG. 2011. On-the-go sensing of grape berry anthocyanins during commercial harvest: development and prospects. AUSTRALIAN JOURNAL OF GRAPE AND WINE RESEARCH 17 (3) 316-326.
- DA-Meter, de TR Turoni, Forlì (región Emilia-Romagna, Italia). 2009.
- Gao, HS ., Zhu, FM ., Cai, JX . Editor(s): Li, DL; Zhao, CJ. 2010. A Review of Non-destructive Detection for Fruit Quality. Source: COMPUTER AND COMPUTING TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE III Book Series: IFIP Advances in Information and Communication Technology, 317: 133-140
- Hernández-Sánchez, N., P. Barreiro-Elorza, and J. Ruiz-Cabello. 2009. Nuclear magnetic resonance for internal quality evaluation in horticultural products. In

- "Optical Monitoring of Fresh and Processed Agricultural Crops" Edited by D.-W. Sun, Contemporary Food Engineering Series: CRC Press.
- Karoui, R., Blecker, C. 2009. Fluorescence Spectroscopy Measurement for Quality Assessment of Food Systems-a Review. *FOOD AND BIOPROCESS TECHNOLOGY* 4 (3) : 364-386
- Lorente, D ., Aleixos, N ., Gomez-Sanchis, J , Cubero, S ., ; Garcia-Navarrete, OL., Blasco, J . 2012. Recent Advances and Applications of Hyperspectral Imaging for Fruit and Vegetable Quality Assessment. *FOOD AND BIOPROCESS TECHNOLOGY* . 5(4) Pages: 1121-1142.
- Lleó, L., Roger J.M. , Herrero-Langreo A., Diezma-Iglesias B., Barreiro P. 2011. Comparison of multispectral indexes extracted from hyperspectral images for the assessment of fruit ripening *Journal of Food Engineering* 104:612–620.
- Lleo, L., P. Barreiro, M. Ruiz-Altisent, and A. Herrero. 2009. Multispectral images of peach related to firmness and maturity at harvest. *Journal of Food Engineering* 93 (2):229-235.
- Lou, HQ ., Hu, Y., Zhang, LY., Sun, P., Lu, HF . 2012. Nondestructive evaluation of the changes of total flavonoid, total phenols, ABTS and DPPH radical scavenging activities, and sugars during mulberry (*Morus alba* L.) fruits development by chlorophyll fluorescence and RGB intensity values. *FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY* 47 (1) : 19-24.
- Lu, R., and Y. Peng. 2007. Development of a multispectral imaging prototype for real-time detection of apple fruit firmness. *Optical Engineering* 46 (12).
- Lu R.; Haiyan Cen; Diwan Ariana.2012. Development of a multi-purpose optical instrument for measuring spectral absorption and scattering properties of food and biological materials . CIGR-EuiAgEng Congress, Valencia July, P2310.
- Mattheis, JP., Rudell, D. 2011. Responses of 'd'Anjou' pear (*Pyrus communis* L.) fruit to storage at low oxygen setpoints determined by monitoring fruit chlorophyll fluorescence. *POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY* 60 (2) : 125-129 .
- Obon, JM., Diaz-Garcia, MC ., Castellar, MR . 2011. Red fruit juice quality and authenticity control by HPLC. 2011. *JOURNAL OF FOOD COMPOSITION AND ANALYSIS* 24 (6 Special Issue): 760-771.
- Ruiz-Altisent, M. et al. Sensors for product characterization and quality of specialty crops-A review.*COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE* 74: 176–194).
- Patel, KK., Kar, A., Jha, SN., Khan, MA . 2012. Machine vision system: a tool for quality inspection of food and agricultural products. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE* . 49 (2) : 123-141.
- Perez-Marín, D. , Paz, P , Guerrero, JE , Garrido-Varo, A, Sanchez, MT . 2010. Miniature handheld NIR sensor for the on-site non-destructive assessment of post-harvest quality and refrigerated storage behavior in plums. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING*. Volume: 99 (3): 294-302.
- Slaughter, D. C., M. Ruiz-Altisent, J. F. Thompson, P. Chen, Y. Sarig, and M. Anderson. 2009. A Handheld, Low-Mass, Impact Instrument to Measure Nondestructive Firmness of Fruit. 52 (1):193-199.
- Scibisz, I, Reich, M , Bureau, S , Gouble, B , Causse, M, Bertrand, D Renard, 2010. *FOOD CHEMISTRY* 125 (4): 1390-1397
- USDA. 2004. Specialty Crop Competitiveness Act. In 7 U.S.C. 1621 note, edited by U. S. D. o. Agriculture.

Zdunek, A , Herppich, WB , 2011 Relation of biospeckle activity with chlorophyll content in apples. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 64 (1): 58-63
www. FRUTURA.NET

(La mención a marcas o fabricantes lo es a título simplemente informativo).

Agradecimientos

Al programa de la RED FRUTURA de CYTED, que ha permitido realizar reuniones y publicaciones en el ámbito iberoamericano; a la Universidad de Lleida; al LPF-TAGRALIA por su colaboración, y al CEI Campus Moncloa, Clúster de Agroalimentación y Salud.